Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.1, Spring 2021, P. 117-133
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۱۳۳-۱۱۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

تأثیر پوترسین و میکوریز بر رشد، فتوسنتز و عمر گلجای ژربرا (*Gerbera jamesonii*) رقم 'Dune' در شرایط هیدروپونیک

سهیلا رکبار[۱]- زهره جبارزاده[۲*]- محسن برین[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۶

چکیده

به منظور بررسی تاثیر محلول‌پاشی برگی پوترسین به همراه قارچ میکوریز بر برخی شاخص‌های رشدی و عمر پس از برداشت ژربرا رقم 'Dune' آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار که هر تکرار شامل سه گلدان و هر گلدان حاوی یک گیاه بود، در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام شد. فاکتورهای مورد پژوهش، چهار غلظت پوترسین (صفر، ۱، ۲ و ۴ میلی‌مولار) به صورت محلول‌پاشی برگی و قارچ میکوریز در دو سطح (بدون تلقیح و با تلقیح) بودند. تلقیح قارچ میکوریز در زمان انتقال نشاء به گلدان‌ها صورت گرفت و دو هفته پس از استقرار نشاءها، محلول‌پاشی برگی پوترسین هر ۱۵ روز یکبار به‌مدت ۳ ماه انجام شد. صفات مربوط به کیفیت رویشی شامل تعداد برگ، طول برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، شاخص کلروفیل، محتوای کلروفیل برگ (a، b و کل)، کاروتنوئید و قند محلول بودند. نتایج نشان دادند که پوترسین به همراه قارچ میکوریز منجر به افزایش بسیاری از ویژگی‌ها مانند تعداد برگ، طول برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، شاخص کلروفیل، محتوای کلروفیل برگ (a، b و کل)، کاروتنوئید و قند محلول نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین در بین غلظت‌های پوترسین، غلظت ۲ میلی مولار بیشترین تأثیر را بر عامل‌های اندازه‌گیری شده داشت. به منظور بررسی تأثیر تیمارهای پیش از برداشت پوترسین و قارچ میکوریز بر عمر گلجای گل شاخه‌بریده ژربرا، گل‌ها زمانی‌که به طور کامل باز شدند از بوته جدا شدند. نتایج نشان دادند که تیمارهای پیش از برداشت منجر به افزایش عمر گلجای و همچنین تاثیر مثبت بر میزان آنتوسیانین گلبرگ در زمان نگهداری گل در محیط گلجای شدند.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، ژربرا، عمر گلجای، کلروفیل، وزن تر و خشک برگ

مقدمه

گلکاری بخشی از باغبانی در فعالیت‌های کشاورزی است که در طول دهه‌های گذشته توسعه یافته است که نه‌تنها باعث افزایش درآمد و ایجاد اشتغال شده بلکه گل‌ها به‌دلیل زیبایی و طراوتشان و نیز تاثیرشان بر روح و روان افراد، نقش مهمی در زندگی افراد دارند. هدف اصلی گلکاری، افزایش درآمد و کاهش فقر در کشورهای در حال توسعه می‌باشد که تولید گل‌های شاخه بریده منبع اصلی آن می باشد (۴۳). ایران، کشور وسیع با آب و هوای متنوع است و مناسب برای رشد گیاهان مختلف از جمله گیاهان زینتی می‌باشد (۴۵).

ژربرا[۴] جزء بزرگترین خانواده گیاهان گل‌دار، خانواده کاسنی[۵] می‌باشد و شامل ۳۰ گونه است که از مناطق آسیایی و افریقای جنوبی منشأ می‌گیرند (۳۵). ژربرا یکی از مهم‌ترین گل‌های شاخه بریده و گلدانی در سراسر جهان با تجارت بین‌المللی گل پس از گل رز[۶]، میخک[۷]، داودی[۸] و گل لاله[۹] است که بدلیل طیف گسترده‌ای از رنگ‌ها، فرم‌ها و شکل هندسی جذاب رتبه پنجم را به خود اختصاص داده است. بدلیل در دسترس بودن طیف وسیعی از گونه‌های متنوع و سازگاری آن‌ها برای رشد در طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی، این گل به یک محصول شاخه‌بریده سودآور برای تولیدکنندگان گل تبدیل

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: Email: z.jabbarzadeh@urmia.ac.ir)
۳- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
DOI: 10.22067/jhs.2021.61915.0

4- *Gerbera jemesonii*
5- Asteraceae or Compositeae
6- *Rosa*
7- *Dianthus caryophyllus*
8- *Dendranthema grandiflorum*
9- *Tulipa gesneriana*

شده است (۲۲). ژربرا به علت زیبایی خاصی که دارد، امروزه در بیشتر نقاط دنیا به‌عنوان گیاه زینتی پرورش داده می‌شود. البته در مناطق سردسیر این گیاه در گلخانه نگهداری می‌شود (۳۳).

پلی‌آمین‌ها، هیدروکربن‌هایی آلیفاتیک با وزن مولکولی کم و دارای زنجیره راست ۱۵-۳ کربنه و دو گروه آمینی انتهایی هستند که در بسیاری از موارد دارای یک یا چند گروه آمینی هستند (۴). این چندکاره‌های آلیفاتیک در تمامی سلول‌های موجودات زنده یافت می شوند. پلی‌آمین‌ها به دلیل بار مثبتی که دارند به ماکرومولکول‌هایی نظیر DNA، RNA و پروتئین‌ها متصل می‌شوند. آن‌ها در فرآیندهای مختلفی نظیر تنظیم بیان ژن، ترجمه، تقسیم سلولی، تعدیل سیگنال دهی سلولی و ثبات غشاء سلولی نقش دارند. همچنین فعالیت مجموعه‌های مشخصی از کانال‌های یونی را تعدیل می‌کنند (۷). بالا بودن سطوح پلی‌آمین‌ها در بافت‌های گیاهی به‌عنوان یک عامل قوی در جلوگیری از تولید اتیلن عمل می‌کند. پلی‌آمین و اتیلن دارای اثرات کاملا متضاد بر رسیدن و پیری هستند و از این رو تعادل این دو گروه هورمونی در گیاهان برای بافت‌های گیاهی از اهمیت فوق‌العاده زیادی برخوردار است. زیرا تعادل بین دو تنظیم‌کننده مخالف، منجر به تاخیر یا تسریع در فرآیند پیری می‌شود (۳).

قارچ میکوریز یکی از بهترین گروه همزیست قارچی با گیاهان است. اصطلاح میکوریز از زبان یونانی گرفته شده است به‌این صورت که Myco به‌معنی قارچ و rizha به‌معنی ریشه است. در طبیعت، بیش از هشتاد درصد آنژیوسپرم‌ها[1] و تقریباً در تمام ژیمنوسپرم‌های[2] شناخته شده ارتباط میکوریزی وجود دارد. گروه‌های میکوریزی با افزایش سطح ریشه و میزان جذب مواد معدنی به گیاهان میزبان کمک می‌کنند تا در شرایط نامساعد خاک و شرایط خشک‌سالی رشد کنند. تهدیدهای زیست محیطی مانند افزایش دما، تغییر آب و هوا، خشکی و ناباروری خاک، برخی از چالش‌های مهم هستند که در باغبانی و ایجاد تضمین برای امنیت جهانی تغذیه باید کاهش پیدا کنند. در این زمینه، تولید محصول مبتنی بر میکوریز یک راه حل برای ایجاد یک کشاورزی پایدار است (۶). قارچ‌های میکوریز عمدتا در محصولات مزرعه‌ای و یا در گلخانه‌هایی که کشت آن‌ها بر پایه‌ی استفاده از خاک ارگانیک است بیشتر استفاده شده اند. البته قارچ‌های میکوریز می‌توانند در سیستم‌های هیدروپونیک گلخانه‌ای مفید باشند که با تولید انبوه میزان دی‌اکسیدکربن در گلخانه‌ها باعث افزایش فتوسنتز در گیاهان می‌شوند و همچنین انتشار دی‌اکسیدکربن را در محیط کنترل می‌کنند که هم باعث مدیریت بهینه محیط زیست می‌شوند و هم اینکه باعث افزایش عملکرد و کیفیت محصولات گیاهی می‌شوند (۳۱).

در پژوهشی که روی تاثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک در غلظت های ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر و پوترسین در غلظت‌های ۲ و ۴ میلی‌مولار بر ویژگی‌های رویشی و عمر گلجای گل رز انجام شد، گزارش شده است که اسید هیومیک در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه پوترسین در غلظت ۲ میلی‌مولار موجب افزایش سطح برگ، کلروفیل برگ و عمر گلجای رز شدند (۱۱). همچنین در محلول‌پاشی برگی با پوترسین و تیامین، به طور برجسته‌ای پوترسین موجب افزایش تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ، میزان کلروفیل و کاروتنوئید و در نهایت فتوسنتز گیاه شد که بیشترین تاثیر را غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر داشت (۲۸). در پژوهشی دیگر اثر محلول‌پاشی برگی پوترسین روی آفتابگردان زینتی تحت تنش خشکی بررسی شد. نتایج بدست‌آمده نشان داد که تاثیر پوترسین در مقایسه با شاهد دارای تفاوت معنی‌دار بوده و باعث افزایش تعداد برگ در بوته، وزن تر و خشک برگ و سطح برگ شد که بیشترین تاثیر در غلظت ۷۵ میلی‌گرم در لیتر بود (۱۹).

در مطالعه‌ای، قارچ آربوسکولار تاثیرات مثبتی بر پارامترهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ژربرا شامل تعداد برگ، وزن خشک گیاه، رنگدانه‌های فتوسنتزی و قند محلول ژربرا در سیستم بدون خاک داشت (۱۳). در بررسی دیگر استفاده از قارچ میکوریز روی لیزیانتوس، موجب افزایش رشد رویشی و قدرت آن شد، به‌ویژه در مرحله گلدهی بیشترین تاثیر را روی لیزیانتوس داشت (۳۰). در پژوهشی دیگر، تاثیر قارچ آربوسکولار میکوریز روی گل سرخ تحت تنش شوری بررسی شد، مشاهده شد که قارچ آربوسکولار میکوریز باعث جذب آب بیشتر در گیاهان تلقیح شده و افزایش کارایی فتوسنتز آن‌ها شد و کیفیت گلدهی گیاهان را افزایش داد (۲). در بررسی دیگر در مورد تاثیر قارچ میکوریز به همراه مواد مغذی روی رشد گیاه نی، نتایج نشان داد که گیاهان تلقیح شده با میکوریز دارای برگ‌های با وزن زیاد بودند، تعداد شاخه و برگ و سطح برگ در این گیاهان زیاد بود، همچنین باعث افزایش زیست‌توده قسمت‌های هوایی نسبت به زیست‌توده زیر زمین شد (۲۶).

با توجه به اهمیت گل‌ها و گیاهان زینتی، ارائه راهکارهایی جهت بهبود کمیت و کیفیت این گیاهان ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین با استفاده از مواد ارگانیک طبیعی به جای کودهای شیمیایی، می‌توان کیفیت و شاخص‌های رشدی در گیاهان زینتی را افزایش داد و با این کار موجب کاهش خسارت‌های جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی حاصل از مصرف کودهای شیمیایی شد. با توجه به اهمیت اقتصادی گل‌های شاخه بریده ژربرا، ارائه راهکارهایی (نظیر کاربرد پوترسین و میکوریز) برای افزایش ماندگاری این محصول ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

1- angiospers
2- gymnosperms

این پژوهش در گلخانه‌های پژوهشی و تولیدی دانشگاه ارومیه و آزمایشگاه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی در سال ۱۳۹۸ انجام شد. نشاء ژربرا در تیرماه تهیه و در گلدان‌های سایز ۲۰ (حجم ۷ لیتر، ارتفاع و قطر گلدان به ترتیب ۱۹ و ۲۴ سانتی‌متر) در شرایط هیدروپونیک کشت شدند. دمای روزانه گلخانه ۲۵-۲۰ و دمای شب ۱۶-۱۳ درجه سانتی‌گراد، شدت نور ۵۰۰ – ۴۰۰ میکرو مول بر مترمربع در ثانیه بود. تغذیه نیز سه بار در هفته انجام شد. به منظور کشت گیاه، بستری که مخلوطی از پیت ماس (۶۵ درصد)، پرلیت (۳۰ درصد) و کوکوپیت (۵ درصد) بود مورد استفاده قرار گرفت. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بود که هر تکرار شامل سه گلدان و هر گلدان حاوی یک گیاه به صورت گلدانی و در گلخانه اجرا شد. قارچ میکوریز در دو سطح (بدون تلقیح و با تلقیح) در مرحله انتقال نشاءها به محیط کشت در نزدیکی ریشه اضافه شد و پوترسین در چهار غلظت صفر (شاهد)، ۱، ۲ و ۴ میلی‌مولار، دو هفته بعد از استقرار نشاءها، هر ۱۵ روز یکبار و به مدت ۳ ماه محلول‌پاشی شد.

به منظور بررسی اثر پوترسین و قارچ میکوریز بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان، دو هفته پس از اتمام تیمارها، نمونه‌برداری از برگ‌ها به منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیولوژیکی انجام گرفت. از هر تکرار میانگین سه برگ کامل و بالغ به صورت تصادفی انتخاب شد. برگ‌ها بلافاصله در فویل آلومینیومی قرار گرفته و در داخل ازت مایع منجمد شده و پس از انتقال به آزمایشگاه در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. برخی صفات مورفولوژیکی در گلخانه و برخی پس از نمونه‌گیری تصادفی از گیاهان در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند.

طول برگ و تعداد برگ در کل گیاه

پس از انتخاب ۳ گلدان به طور تصادفی، طول برگ به وسیله خط‌کش اندازه‌گیری شد. تعداد برگ در کل گیاه نیز با شمارش تعیین شد.

اندازه‌گیری وزن تر و خشک برگ

برای مقایسه وزن تر گیاهان تیمار شده با گیاهان شاهد، پس از برداشت تصادفی برگ، بلافاصله توسط ترازوی دیجیتالی (METTLER, PJ300) و با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم وزن شد. برای تعیین وزن خشک برگ، ابتدا نمونه‌ها پس از قرارگیری در پاکت کاغذی، در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و پس از خارج نمودن نمونه‌ها از آون، مجدداً به کمک ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شدند.

تعیین سطح برگ گیاه

برای مقایسه سطح برگ گیاه شاهد با گیاهان تحت تیمار، در پایان دوره رشد از هر گلدان به طور تصادفی ۳ برگ بالغ از قسمت‌های میانی انتخاب و پس از اندازه‌گیری سطح آنها توسط دستگاه سطح‌سنج (Leaf Area Meter, AM, 200)، مقدار آن به دست آمد.

اندازه‌گیری عمر گلجای

به منظور تعیین عمر گلجای ژربرا، گل‌ها بعد از باز شدن کامل و قبل از به گرده نشستن، چیده شدند. سپس در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و شرایط محیطی دمای ۳±۲۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۷۰ درصد، دوره نوری ۱۰/ ۱۴ ساعت و شدت نور ۱۵ میکرومول بر مترمربع در ثانیه، قرار داده شدند. زمان پایان عمر گل، وقتی که ۳۰ درصد گل‌های زبانه‌ای پژمرده شدند تعیین شد (۱۵).

میزان قندهای محلول کل

برای اندازه‌گیری قندهای محلول، ابتدا عصاره الکلی تهیه شد. جهت تهیه عصاره، ۰/۵ گرم از بافت برگ با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در هاون له گردید، سپس مایع رویی جدا و به لوله آزمایش به حجم ۲۵ میلی‌لیتر منتقل شد. سپس ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد به بخش جامد باقی‌مانده اضافه و کاملا شستشو گردید. این بخش از مایع رویی جدا و به لوله آزمایش به حجم ۲۵ میلی‌لیتر منتقل شد. در نهایت ۱۰ میلی‌لیتر عصاره به‌دست آمده به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۵۰۰ دور سانتریفیوژ شد. ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی به کمک میکروپیپت به داخل لوله آزمایش ریخته شد و ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون+ ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد) به آن اضافه شد. لوله‌های آزمایش به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شدند تا ماده رنگی تشکیل شود. پس از خنک شدن نمونه‌ها، میزان جذب آن‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر Dynamica (HALODB-20) خوانده شد. برای تهیه استاندارد قند، از گلوکز محلول‌هایی با غلظت صفر تا ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه و کلیه مراحل آزمایش روی آن‌ها انجام گردید و در نهایت میزان جذب در طول موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد (۱۷).

استخراج و سنجش رنگیزه‌ها

شاخص کلروفیل

در کلیه تیمارها و در هر گلدان میزان کلروفیل سه برگ (از پهنک برگ‌های توسعه یافته قسمت‌های بالا، وسط و پایین گیاه) با دستگاه سنجش شاخص کلروفیل (SPAD) MINOLTA 502, Osaka (Japan) اندازه‌گیری گردید و سپس از آن‌ها میانگین گرفته شد.

کلروفیل و کاروتنوئید

برای اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئید از روش لیچتنتالر[1] (۲۷) استفاده شد. ۰/۱ گرم از بافت برگی (برگ‌های کاملا توسعه یافته) با قیچی خرد شده و در یک هاون چینی با ۵ میلی‌لیتر استون ۱۰۰ درصد سائیده شده تا به صورت توده یکنواختی درآید (عمل سائیدن و له کردن بافت برگی در محیط خنک و در نور کم انجام گرفت). ۰/۵ میلی‌لیتر از مخلوط به دست آمده برداشته شده و با ۲/۵ میلی‌لیتر آب مخلوط شده و در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۲۵۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. پس از سانتریفیوژ کردن، میزان جذب آن در طول موج های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a؛ ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b؛ و ۴۷۰ نانومتر برای کاروتنوئید توسط اسپکتروفتومتر Dynamica (HALODB-20) خوانده شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر، میزان کلروفیل a ,b، کل و کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه بدست آمد.

$$Chl\ a = (11.75 \times A663 - 2.350 \times A645) \quad (۱)$$

$$Chl\ b = (18.61 \times A645 - 3.960 \times A663) \quad (۲)$$

$$Chl\ total = Chla + Chb \quad (۳)$$

$$Car = \frac{1000 \times A470 - 2.27 \times Chla - 81.4 \times Chl}{227} \quad (۴)$$

آنتوسیانین گلبرگ

جهت اندازه‌گیری آنتوسیانین گلبرگ، نمونه‌برداری از گلبرگ در زمان برداشت، ۶ و ۱۲ روز بعد از برداشت گل‌بریدنی انجام شد. ۰/۲ گرم بافت گلبرگ در ۳ میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول و کلریدریک اسید به نسبت ۹۹ به ۱) به‌صورت کاملا نرم سائیده شد و سپس عصاره حاصل، در سانتریفیوژ (۱۲۰۰۰ دور در دقیقه، به‌مدت ۲۰ دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) سانتریفیوژ شد. محلول رویی به مدت ۱ شب در تاریکی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. میزان جذب این ماده توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۵۰ نانومتر و با استفاده از ضریب خاموشی (ε =33000 سانتی‌متر بر مول) محاسبه گردید و در نهایت غلظت آنتوسیانین طبق رابطه ($A= \varepsilon bc$) بر حسب میکرومول بر گرم وزن تازه حساب گردید (۲۴).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی، از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش چند دامنه‌ای توکی در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام گرفت. همچنین، برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج

تعداد برگ

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها مشاهده می‌شود که اثرات اصلی پوترسین و قارچ میکوریز بر تعداد برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده و همچنین اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردیده است (جدول ۱).

نمودار مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که اثر متقابل پوترسین به همراه قارچ میکوریز تاثیر مثبت بر تعداد برگ داشته و بیشترین تعداد برگ تولید شده بعد از تیمار (۳۵ برگ) مربوط به پوترسین ۲ میلی‌مولار به همراه قارچ میکوریز بوده است و با سایر تیمارهای پوترسین به همراه میکوریز تفاوت معنی‌دار نشان داده است. همچنین کمترین تعداد برگ (۸/۳۳ برگ) مربوط به گیاه شاهد بدون تلقیح قارچ میکوریز می‌باشد که سایر تیمارها نسبت به آن تفاوت معنی‌دار نشان داده‌اند (شکل ۱).

طول برگ

جدول تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که اثرات اصلی پوترسین و میکوریز هرکدام در سطح احتمال ۱ درصد تاثیر معنی‌داری روی طول برگ داشته‌اند، ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نگردیده است (جدول ۱).

با توجه به نمودار مقایسه میانگین مشاهده می‌شود که پوترسین بر اختلاف طول برگ تاثیر مثبت نشان داده است ولی تنها پوترسین با غلظت ۴ میلی‌مولار نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار داشته و بیشترین مقدار طول برگ (۲۴/۶۷ سانتی‌متر) مربوط به گیاهان تیمار شده با غلظت ۴ میلی‌مولار بدون تلقیح قارچ میکوریز و کمترین مقدار طول برگ (۱۷/۶۶ سانتی‌متر) نیز مربوط به شاهد با تلقیح قارچ میکوریز می‌باشد (شکل۲ الف). نمودار مقایسه میانگین نشان می‌دهد که تلقیح با قارچ میکوریز، باعث کاهش طول برگ گیاه شده است طوری‌که با شاهد دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشد (شکل ۲ ب).

سطح برگ

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثرات اصلی پوترسین و قارچ میکوریز در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد بر سطح برگ معنی‌دار گردیده است (جدول۱).

نمودار مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که پوترسین به‌همراه قارچ میکوریز تاثیر مثبت بر سطح برگ داشته و بیشترین سطح برگ (۱۶۷۷۲/۶۷ میلی‌متر مربع) مربوط به پوترسین با غلظت ۲ میلی‌مولار به‌همراه قارچ میکوریز بوده که با بقیه تیمارها به‌غیر از تیمار ۴ میلی‌مولار پوترسین به‌همراه میکوریز تفاوت معنی‌دار داشته است.کمترین سطح برگ (۱۱۶۳۱ میلی‌متر مربع) نیز مربوط به تیمار شاهد بدون تلقیح قارچ میکوریز می‌باشد (شکل ۳).

1- Lichtenthaler

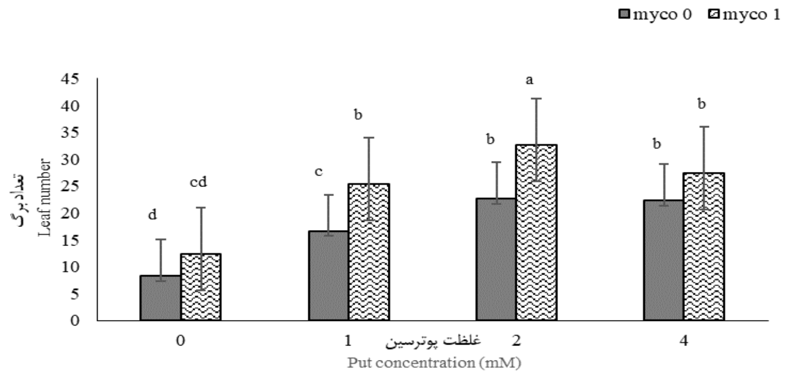
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس مربوط به تاثیر غلظت‌های مختلف پوترسین و تلقیح قارچ میکوریز بر برخی صفات مورفولوژیکی و عمر گلجای ژربرا رقم 'Dune'

Table 1- Results of variance analysis related to the effect of different concentrations of putrescine and inoculation of mycorrhizal fungi on some morphological traits and vase life of gerbera 'Dune'

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares					
		تعداد برگ Leaf number	طول برگ Leaf length	سطح برگ Leaf area	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	عمر گلجای Vase life
پوترسین Putrescine (P)	3	345.82**	25.83**	12144088.93**	31.74**	0.45**	154.49**
میکوریز Mycorrhiza (M)	1	287.042**	48.167**	28277275.04**	146.62**	1.64**	51.04**
پوترسین ×میکوریز P×M	3	12.375*	2.5 ns	595008.6*	10.225**	0.161**	2.47 ns
خطای آزمایشی Erorr	16	3.33	1.17	172847	1.46	0.0186	1.92
ضریب تغییرات CV (%)	-	8.71	5.12	2.973	13.39	18.42	7.33

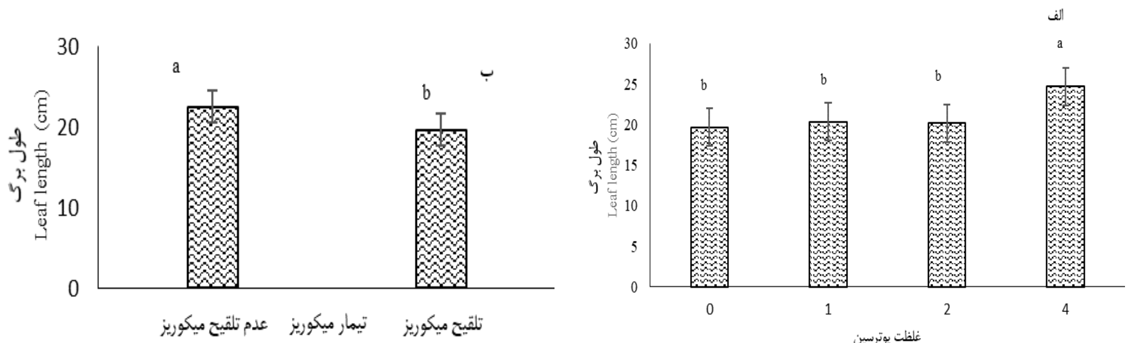
*: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، **: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ns: عدم معنی‌داری

*, **: Significant at 5 and 1% of probability levels, respectively.



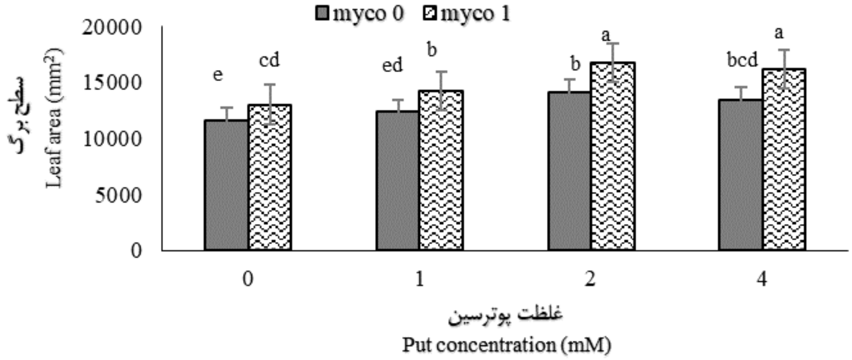
شکل ۱- اثر متقابل پوترسین × قارچ میکوریز بر تعداد برگ در ژربرا رقم 'Dune'

Figure 1- The interaction effect of putrescine ×mycorrhizal fungi on the leaf number of gerbera cv. 'Dune' (Tukey, *p≤0.05*)



شکل ۲- تاثیر پوترسین (الف) و قارچ میکوریز (ب) بر مقادیر طول برگ در ژربرا رقم 'Dune'

Figure 2- The effect of putrescine (a) and mycorrhizal fungi (b) on the length values of gerbera leaves cv. 'Dune' (Tukey, *p≤0.01*)



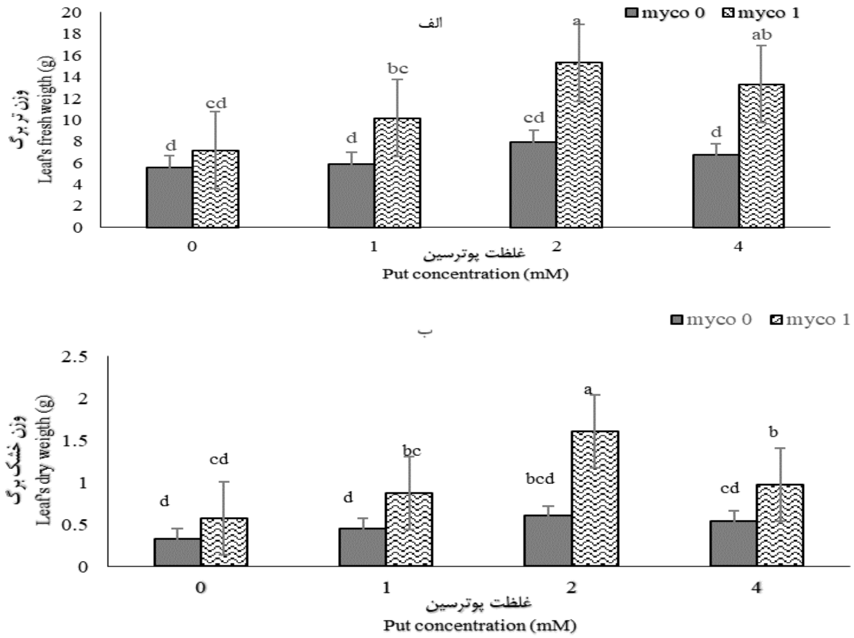
شکل ۳- اثر متقابل پوترسین × قارچ میکوریز بر سطح برگ در ژربرا رقم 'Dune'

Figure 3- The interaction effect of putrescine ×mycorrhizal fungi on the leaf area of gerbera cv. 'Dune' (Tukey, $p≤0.05$)

وزن تر و خشک برگ

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها مشاهده می‌شود که اثرات اصلی پوترسین و قارچ میکوریز و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر وزن تر و خشک برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردیده است (جدول ۱).

نمودار مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که اثر متقابل پوترسین به‌همراه میکوریز تاثیر مثبت روی وزن تر و خشک برگ داشته و بیشترین وزن تر (۱۵/۳۳ گرم) و وزن خشک برگ (۱/۶ گرم) مربوط به تیمار ۲ میلی‌مولار پوترسین به‌همراه قارچ میکوریز بوده و نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارهای پوترسین و میکوریز (به‌غیر از تیمار ۴ میلی‌مولار پوترسین به‌همراه میکوریز بر وزن تر برگ) اثر معنی‌دار داشته است. کمترین وزن تر (۵/۶ گرم) و وزن خشک برگ (۰/۳۳ گرم) نیز مربوط به تیمار شاهد بدون تلقیح قارچ میکوریز بود (شکل ۴ الف و ب).



شکل ٤- تاثیر پوترسین × قارچ میکوریز بر وزن تر (الف) و وزن خشک برگ (ب) ژربرا رقم 'Dune'

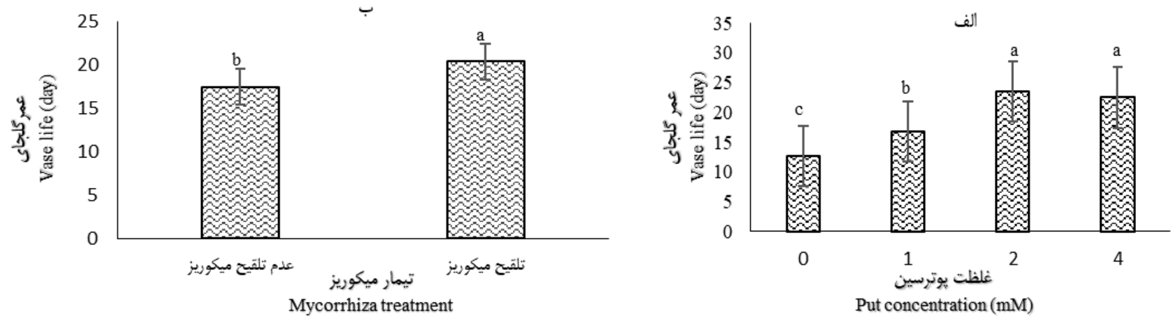
Figure 4- The interaction effect of putrescine ×mycorrhizal fungi on leaf fresh (a) and dry weight (b) of gerbera cv.'Dune' (Tukey, $p≤0.01$)

عمر گلجای

همانطور که جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد، اثرات اصلی پوترسین و میکوریز بر عمر گلجای گل شاخه بریده ژربرا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردیده است ولی اثر متقابل آن‌ها

تاثیر معنی‌دار نشان نداده است (جدول ۱).

با توجه به نمودار مقایسه میانگین داده‌ها مشاهد می‌شود که پوترسین موجب افزایش عمر گلجای گل بریده ژربرا شده و نسبت به شاهد و غلظت ۱ میلی‌مولار پوترسین تفاوت معنی‌دار نشان داده ولی نسبت به تیمار ۴ میلی‌مولار پوترسین تفاوت معنی‌داری نشان نداده است (شکل ۵ الف). با توجه به نمودار مقایسه میانگین مشاهده می‌شود که میکوریز موجب افزایش معنی‌دار عمر گل شاخه بریده ژربرا نسبت به شاهد شده است (شکل ۵ ب).



شکل ۵- تاثیر پوترسین (الف) و قارچ میکوریز (ب) بر عمر گلجای گل در ژربرا رقم 'Dune'

Figure 5- The effect of putrescine (a) and mycorrhizal fungi (b) on flower vase life of gerbera cv. 'Dune' (Tukey, $p\leq 0.05$)

شاخص کلروفیل

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثرات اصلی پوترسین و قارچ میکوریز در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد بر شاخص کلروفیل معنی‌دار گردیده است (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر غلظت‌های مختلف پوترسین و قارچ میکوریز بر برخی صفات بیوشیمیایی ژربرا رقم 'Dune'

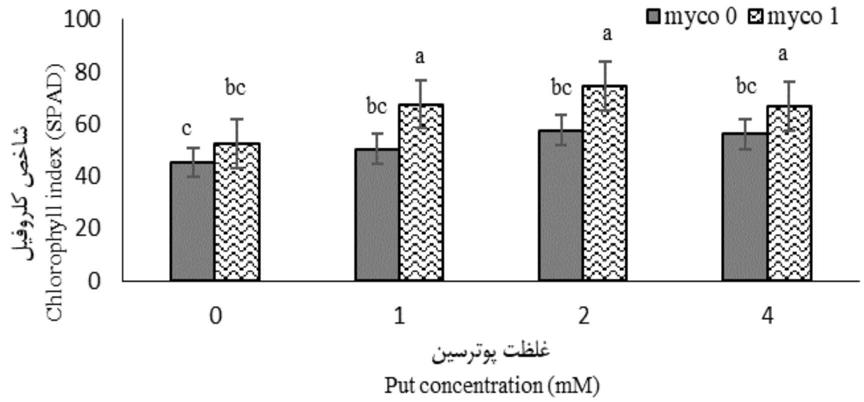
Table 2- ANOVA for the effects of putrescine and mycorrhizal fungi on some biochemical traits of gerbera cv. 'Dune'

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares					
		شاخص کلروفیل Chlorophyll index	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid	قند محلول Soluble sugar
پوترسین Putrescine (P)	3	319.88**	8.70**	0.62**	13.92**	0.22**	16.81**
میکوریز Mycorrhiza (M)	1	1004.91**	14.80**	1.33**	25.03**	1.47**	35.28**
پوترسین ×میکوریز P×M	3	35.58*	1.90**	0.15*	2.93**	0.16*	6.86**
خطای آزمایشی Erorr	16	8.95	0.2	0.03	0.34	0.033	0.37
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.08	16.89	18.92	16	20.71	23.02

*: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، **: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ns: عدم معنی‌دار بودن

*, ** and ^{ns}: Significant at 5% and 1% of probability levels and Non-significant.

با توجه به نمودار مقایسه میانگین داده‌ها مشاهده می‌شود که پوترسین به‌همراه قارچ میکوریز تاثیر مثبت روی شاخص کلروفیل گذاشته و باعث افزایش معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد گردیده است. بیشترین میزان شاخص کلروفیل (۷۴/۵۸ SPAD) مربوط به تیمار ۲ میلی‌مولار پوترسین به‌همراه قارچ میکوریز بوده که نسبت به تیمار شاهد و همچنین تیمارهای دیگر پوترسین بدون تلقیح قارچ تاثیر معنی‌دار داشته ولی نسبت به غلظت‌های مختلف پوترسین با تلقیح میکوریز تفاوت معنی‌داری نشان نداده است. کمترین میزان شاخص کلروفیل (۴۵/۲ SPAD) نیز مربوط به تیمار شاهد بدون تلقیح قارچ میکوریز بود (شکل ۶).



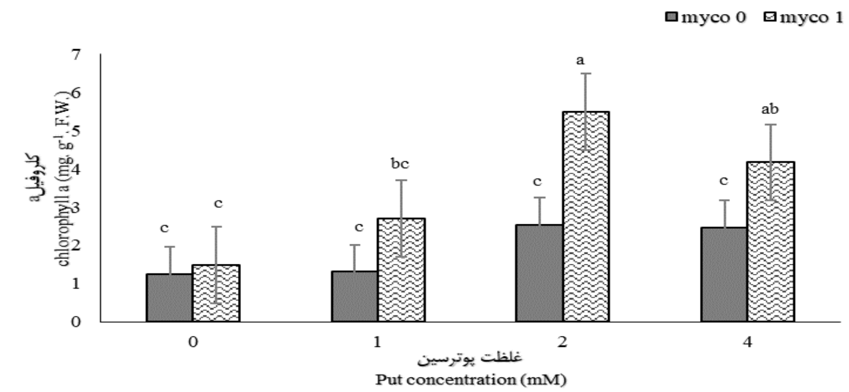
شکل ٦- اثر متقابل پوترسین ×قارچ میکوریز بر شاخص کلروفیل در ژربرا رقم 'Dune'

Figure 6- The interaction effect of putrescine ×mycorrhizal fungi on chlorophyll index of gerbera cv. 'Dune' (Tukey, *p≤0.05*)

کلروفیل a

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها مشاهده می‌شود که اثرات اصلی پوترسین و میکوریز و اثر متقابل آن‌ها بر میزان کلروفیل a در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردیده است (جدول ۲).

با توجه به نمودار مقایسه میانگین مشاهده می‌شود که اثر متقابل پوترسین و میکوریز تاثیر معنی‌دار بر میزان کلروفیل a نسبت به شاهد گذاشته و باعث افزایش آن شده است. پوترسین ۲ میلی‌مولار به‌همراه قارچ میکوریز بیشترین تاثیر (۵/۴۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) را داشته و نسبت به غلظت‌های مختلف پوترسین و شاهد اثر معنی‌دار داشته ولی نسبت به غلظت ۴ میلی‌مولار پوترسین به‌همراه قارچ تاثیر معنی‌دار نداشته است. کمترین میزان کلروفیل a (۱/۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نیز مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۷).



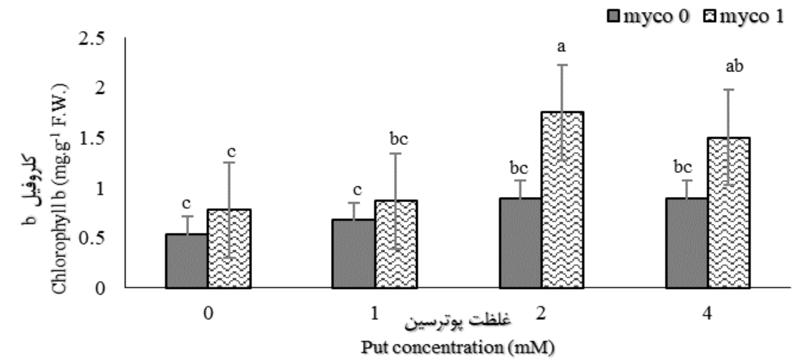
شکل ۷- اثر متقابل پوترسین × قارچ میکوریز بر کلروفیل a برگ ژربرا رقم 'Dune'

Figure 7- The interaction effect of putrescine ×mycorrhizal fungi on chlorophyll a content of gerbera cv. 'Dune' leaf. (Tukey, *p≤0.01*)

کلروفیل b

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثرات اصلی پوترسین و میکوریز بر میزان کلروفیل b در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردیده است (جدول ۲).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که پوترسین به‌همراه قارچ میکوریز تاثیر معنی‌دار بر میزان کلروفیل b گذاشته و بیشترین میزان کلروفیل b (۱/۷۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار ۲ میلی‌مولار پوترسین به‌همراه قارچ میکوریز بود که نسبت به سایر غلظت‌های مختلف پوترسین بدون تلقیح قارچ و شاهد و همچنین غلظت ۱ میلی‌مولار پوترسین تاثیر معنی‌دار نشان داد ولی نسبت به تیمار ۴ میلی‌مولار تاثیرش معنی‌دار نبوده و با افزایش غلظت پوترسین همانند کلروفیل a کاهش پیدا کرد هر چند که این کاهش، معنی‌دار نبود (شکل ۸).



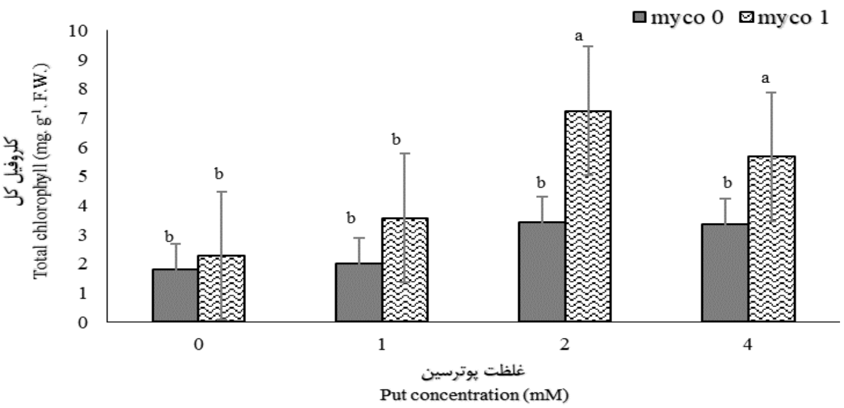
شکل ۸- اثر متقابل پوترسین × قارچ میکوریز بر کلروفیل b برگ ژربرا رقم 'Dune'

Figure 8- The interaction effect of putrescine and mycorrhizal fungi on chlorophyll b content of gerbera cv. 'Dune' leaf. (Tukey, *p≤0.05*)

کلروفیل کل

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشـان مـی‌دهـد کـه اثـرات اصـلی پوترسین و میکوریز و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد تـاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل کل گذاشته است (جدول ۲).

با توجـه بـه نتـایج حاصـل از مقایسـه میـانگین کلروفیـل a و b مشاهده می‌شود که اثر متقابل پوترسـین و میکـوریز تـاثیر مثبـت بـر میزان کلروفیل داشته و به تبع آن بر میزان کلروفیـل کـل نیـز تـاثیر مثبت و مشابه گذاشته اسـت. بیشـترین میـزان کلروفیـل کـل (۷/۲۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نیز مربوط به پوترسین ۲ میلی‌مولار به‌همراه قارچ میکوریز بوده و نسبت بـه شـاهد و سـایر غلظـت‌هـای مختلـف پوترسین بدون تلقیح قارچ، تاثیر معنی‌دار داشته است ولی نسـبت بـه غلظت ۴ میلی‌مولار پوترسین به‌همراه قـارچ تـاثیر معنـی‌داری نشـان نداده است و کمترین میزان کلروفیل کل (۱/۷۹میلی‌گرم بر گرم وزن تر) هم مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۹). البته لازم به ذکر است که در شـرایط بـدون تلقـیح میکـوریز، افـزایش غلظـت پوترسـین تـاثیر معنی‌داری بر شاخص کلروفیل و نیز کلروفیل a و b و کل نداشت.



شکل ۹- اثر متقابل پوترسین × قارچ میکوریز بر کلروفیل کل برگ ژربرا رقم 'Dune'

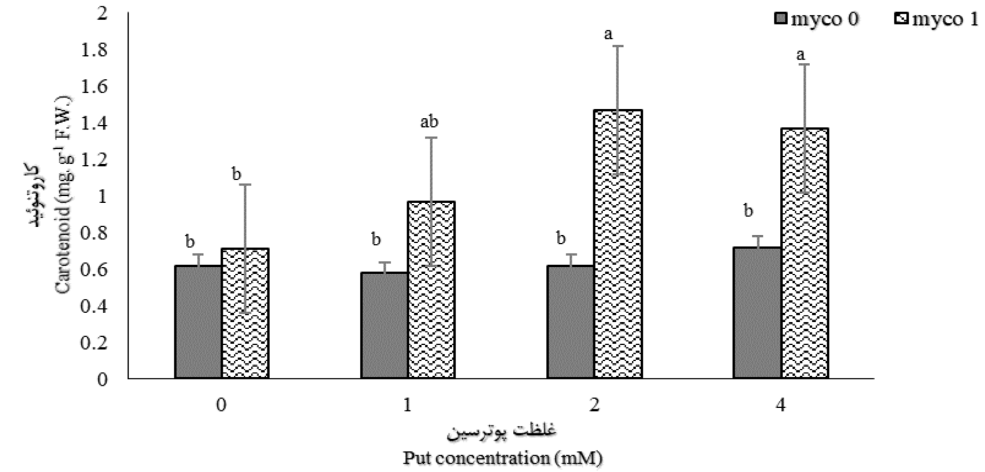
Figure 9– The interaction effect of putrescine ×mycorrhizal fungi on the total chlorophyll content of gerbera cv. 'Dune' leaf. (Tukey, *p≤0.01*)

کاروتنوئید

با توجه به جدول ۲ تجزیه واریانس مشاهده مـی‌شـود کـه تـاثیر اصلی پوترسین و قارچ میکوریز در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد.

با توجه به نمودار مقایسه میانگین داده‌ها مشـاهده مـی‌شـود کـه پوترسین به همراه قارچ میکوریز تاثیر معنی‌داری نسـبت بـه شـاهد و سایر غلظت‌های پوترسین بدون تلقیح قارچ گذاشته و تنها پوترسین ۲ و ۴ میلی‌مولار به همراه قارچ میکوریز نسبت به شاهد تـاثیر معنـی‌دار داشته و بیشترین میزان کاروتنوئید (۱/۴۷ میلی‌گرم بر گـرم وزن تـر) نیز مربوط به تیمار ۲ میلی‌مولار پوترسین به‌همراه قارچ میکوریز بود و

کمترین میزان کاروتنوئید (۰/۶۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نیز مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۱۰). در کاروتنوئید نیز پوترسین در شرایط بدون تلقیح میکوریز، تاثیر معنی‌داری بر میزان کاروتنوئید برگ نداشت.



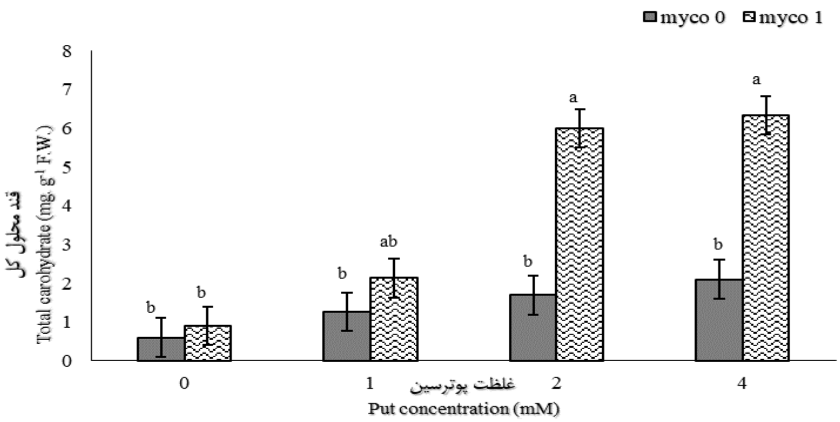
شکل ۱۰- اثر متقابل پوترسین × قارچ میکوریز بر میزان کاروتنوئید برگ ژربرا رقم 'Dune'

Figure 10- The interaction effect of putrescine ×mycorrhizal fungi on cartnoied content of gerbera cv. 'Dune' leaf (Tukey, $p\leq 0.05$)

قند محلول

با توجه به تجزیه واریانس داده‌ها مشاهده می‌شود که اثرات اصلی پوترسین و قارچ میکوریز و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان قند محلول معنی‌دار گردیده است (جدول ۲).

مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن است که اثر متقابل پوترسین و میکوریز تاثیر مثبت و افزایشی بر میزان قند محلول داشته و بیشترین میزان قند محلول (۶/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار ۴ میلی‌مولار پوترسین به همراه قارچ میکوریز بود که نسبت به شاهد و غلظت‌های مختلف پوترسین بدون تلقیح قارچ تاثیر معنی‌دار داشته ولی نسبت به تیمارهای تلقیح شده با میکوریز تفاوت معنی‌دار نشان نداد. کمترین میزان قند محلول (۰/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نیز مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- اثر متقابل پوترسین ×قارچ میکوریز بر میزان قند محلول در ژربرا رقم 'Dune'

Figure 11- The interaction effect of putrescine ×mycorrhizal fungi on the soluble sugar content of gerbera cv. 'Dune'. (Tukey, $p\leq 0.01$)

آنتوسیانین گلبرگ

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثرات اصلی پوترسین، میکوریز و زمان و همچنین اثر متقابل پوترسین و زمان در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل پوترسین با میکوریز و زمان در

سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید، ولـی اثـر متقابـل پوترسـین و میکوریز و میکوریز با زمان معنی‌دار نگردید (جدول ۳).

همانطور که جدول مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهـد میـزان آنتوسـیانین از روز اول تـا روز ششـم رو بـه افـزایش بـوده و در روز دوازدهم روند کاهشی در پیش گرفته البته پوترسین و میکـوریز تـاثیر مثبت روی آن داشته‌انـد بـه‌طـوری کـه کمتـرین میـزان آن (۲۲/۸۵ میکرومول برگرم وزن تر) مربوط به تیمار شـاهد بـدون تلقـیح قـارچ میکوریز در روز دوازدهم بود و بیشترین میزان آن نیز مربوط به تیمـار ۱ میلی‌مولار پوترسین به‌همراه میکوریز در روز ششـم بـود کـه تـاثیر معنی‌داری در افزایش آن نسبت به شاهد و سایر تیمارهـا (بـه غیـر از تیمارهای ۲ و ۴ میلی‌مولار پوترسین به‌همراه میکـوریز در روز ششـم) در زمان‌های متفاوت گردید (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر غلظت‌های مختلف پوترسین، قارچ میکوریز و زمان بر آنتوسیانین گلبرگ در ژربرا رقم 'Dune'

Table 3- ANOVA for the effects of different concentrations of putrescine, mycorrhizal fungi and time on petal anthocyanin content of gerbera cv. 'Dune'.

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares — آنتوسیانین گلبرگ Petal Anthocyanin
پوترسین Putrescine (P)	3	650.23**
میکوریز Mycorrhiza (M)	1	1827**
پوترسین ×میکوریز P×M	3	30.91 ns
زمان Time (T)	2	3889.07**
پوترسین ×زمان P×T	6	48.34**
میکوریز ×زمان M×T	2	14.64ns
پوترسین ×میکوریز ×زمان P×M×T	6	27.88*
خطای آزمایشی Erorr	32	11.71
ضریب تغییرات CV (%)	-	7.84

*: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، **: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ns: عدم معنی‌دار بودن

*: Significant at the level of ≤ 5%, **: Significant at the level of ≤ 1% and ns: Nonsignificant

جدول ٤- اثر متقابل پوترسین × قارچ میکوریز بر آنتوسیانین گلبرگ در ژربرا رقم 'Dune'

Table 4- The interaction effect of putrescine ×mycorrhizal fungi on petal anthocyanin content of gerbera cv. 'Dune'

		تیمار Treatment							
		شاهد Control		پوترسین ۱ میلی‌مولار Putrescine 1mM		پوترسین ۲ میلی‌مولار Putrescine 1mM		پوترسین ٤ میلی‌مولار Putrescine 1mM	
آنتوسیانین گلبرگ Petal Anthocyanin (µmol/g F.W.)	زمان Time	بدون تلقیح Without Incubation	با تلقیح With Incubation	بدون تلقیح Without Incubation	با تلقیح With Incubation	بدون تلقیح Without Incubation	با تلقیح With Incubation	بدون تلقیح Without Incubation	با تلقیح With Incubation
	0	29.62 hij	40.32defgh	38.33efgh	50.5cde	50.65cde	49.12cdef	33.23fghi	45.52cdefg
	6	37.5 fghi	52.83bc	57.8abc	68.07a	57.53abc	66.73a	52.2bcd	63.43ab
	12	22.85 j	29.51hij	29hij	40.46defgh	29hij	39.86defgh	25.31ij	37.48fghi

حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار با آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Non-similar letters indicate a significant difference between the means based on Tuky test at 5% of propability level.

بحث

در گیاهان عالی، پلی‌آمین‌ها در طیف گسترده‌ای از مراحل رشـد و نمو از جمله تقسیم سلولی، جنین‌زایی، رشد ریشه، گلدهی، رشد میـوه و پیری برگ نقش دارند. پلی‌آمین‌ها نقش ویژه‌ای در تقسیم سلولی و بیان ژن ایفا می‌کنند (۳۷). پژوهش‌های مختلـف نشـان داده‌انـد کـه پلی‌آمین‌ها رنج وسیعی از فرآیندهای بیولوژیکی مانند رشد و توسعه و

تقسیم و تمایز گیاهان را کنترل می‌کنند که این نقش پلی‌آمین‌ها می‌تواند تاثیر آن‌ها را در افزایش سطح برگ، افزایش طول برگ، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ و شاخساره نشان دهد. به‌نظر می‌رسد پلی‌آمین‌ها می‌توانند فعالیت قارچ میکوریز را تنظیم کنند و باعث افزایش رشد میسیلیوم و آربوسکولار شوند. پژوهشگران در پژوهش‌های خود گزارش کرده‌اند که استفاده از پوترسین و اسپرمیدین، باعث افزایش قابل توجهی در تعداد آربوسکولار می‌شود. گزارش شده است که پلی‌آمین‌ها مخصوصا پوترسین، جذب و تجمع نیتروژن را در گیاهان افزایش می‌دهند. پلی‌آمین‌ها باعث افزایش فتوسنتز و تخلیه ریشه می‌شوند که این کار به جذب بهتر عناصر غذایی به وسیله ریشه گیاهان کمک می‌کند. افزایش جذب بعضی از عناصر توسط پلی‌آمین‌ها مثل پتاسیم نقش مهمی در فتوسنتز ایفا می‌کند و تاثیر مستقیم روی افزایش رشد گیاه، رنگیزه‌های فتوسنتزی و جذب CO_2 دارد (۱۶). فتوسنتز به عنوان یکی از مهم‌ترین فرآیندهای گیاهان تلقی می‌شود زیرا کربوهیدرات‌ها از طریق این فرآیند تأمین می‌شوند. از طرفی، هر چه مقدار رنگیزه‌های فتوسنتز در گیاهان بیشتر باشد باعث افزایش کیفیت ظاهری گیاه و همچنین سرسبزی آن می‌شوند. مطالعات صورت گرفته حاکی از آن است که افزایش محتوای کلروفیل موجب افزایش فتوسنتز و افزایش مقدار کربوهیدرات‌ها می‌شود (۱۸). محتوای کلروفیل تحت تاثیر مدیریت تغذیه‌ای گیاه به ویژه نیتروژن می‌باشد، کمبود نیتروژن می‌تواند مانع تشکیل کلروفیل برگ شود و میزان آن را در برگ کاهش دهد (۳۲). گزارش‌هایی از تاثیر پوترسین بر فعالیت آنزیم IAA اکسیداز و محتوای ترییتوفان موجود است که در ارتباط با تولید هورمون اکسین بوده و در تقسیم و طویل شدن سلولی نقش دارند. بازدارندگی از تجزیهٔ کلروفیل توسط پلی‌آمین‌ها را به کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز نسبت می‌دهند (۱). کاروتنوئیدها جزء رنگیزه‌هایی هستند که در تمام برگ‌های سبز گیاه و حتی قسمت‌های بدون سبزینه گیاهان یافت می‌شوند. کاروتنوئید به‌همراه کلروفیل در کلروپلاست برگ حضور دارد ولی به دلیل غالبیت کلروفیل، رنگ سبز نمایان می‌شود و رنگ‌های زرد و نارنجی پنهان می‌مانند (۲۳). گیاهان برای اینکه بتوانند برخی از هورمون‌های گیاهی مثل اسید آبسیزیک تولید کنند لازم است که برای تولید آن‌ها کاروتنوئید حضور داشته باشد (۸). از طرف دیگر پلی‌آمین‌ها به‌ویژه پوترسین با بیان ژن‌های تنظیم‌کننده اسید آبسیزیک در ارتباط هستند (۲۵).

میکوریز می‌تواند با گسترش هیف‌ها در خارج از منطقه ریزوسفر، مواد مغذی ریشه‌ها، جذب مواد مغذی و جذب آب گیاهان میزبان را افزایش دهد (۴۴). عناصر غذایی مثل نیتروژن می‌توانند باعث افزایش رشد زیرزمینی و افزایش سطح برگ شوند که به تبع آن موجب افزایش فتوسنتز و رشد گیاه می‌شوند، همچنین زیست توده گیاه را افزایش دهند (۳۹). میکوریز باعث افزایش مقاومت گیاه به شرایط تعرق می‌شود که باعث جذب سریع و افزایش کارایی روزنه‌ها می‌شود. از این طریق، هوادهی و تخلیه ریشه به‌دلیل افزایش فتوسنتز و رشد بیشتر اندام‌های هوایی بهتر صورت می‌گیرد (۲۶). افزایش رشد در رابطه با قارچ میکوریز می‌تواند با روش‌های بی‌شماری از مکانیسم‌های انجام شده توسط قارچ‌ها در شرایط مختلف توصیف شود که شامل انتشار متابولیت‌ها، فیتوهورمون‌ها، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها، معدنی‌شدن و فرآیندهای حل شدن می‌باشد. گیاهان میکوریزدار در مقایسه با نمونه‌های غیر میکوریزی دارای محتوای بیشتر تنظیم‌کننده‌های رشد مانند سیتوکینین‌ها و اکسین‌ها هستند. ریشه های تلقیح شده با قارچ میکوریز با افزایش ریشه مویی در مورفولوژی ریشه تغییر ایجاد می‌کنند و باعث جذب بیشتر مواد غذایی از محیط توسط ریشه می‌شود. تأثیر قارچ میکوریز در فتوسنتز و مورفولوژی میزبان نیز می‌تواند هورمونی باشد، میکوریز احتمالا به صورت یک منبع ایجاد سوخت و ساز در گیاهان با تحریک رشد بیشتر در ریشه و افزایش رشد گیاه باعث بیشتر شدن فتوسنتز می‌شود. افزایش فعالیت هورمون‌هایی مانند سیتوکینین و جیبرلین می‌تواند با باز شدن روزنه در تأثیر حمل و نقل یونی و تنظیم میزان کلروفیل، میزان فتوسنتز را افزایش دهد. در بافت میزبان، سطح سیتوکینین‌ها، اسید آبسیزیک، جیبرلین‌ها و سایر تنظیم‌کننده‌ها با تلقیح قارچ میکوریز تحت تاثیر قرار می‌گیرند. قارچ‌های میکوریز تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه را تقویت می‌کنند، مکانیسم دفاعی را برای گیاهان فراهم می‌کنند، فعالیت‌های آنزیمی را تنظیم می‌کنند، سرعت فتوسنتز را افزایش می‌دهند، بنابراین به‌عنوان عامل سازگار با محیط زیست در کشاورزی پایدار چه از نظر تولید و چه از نظر حفاظت از محیط زیست عمل می‌کنند (۸). با افزایش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، تعداد برگ، سطح برگ و در نتیجه افزایش ظرفیت فتوسنتزی باعث افزایش میزان قندهای محلول گیاه می‌شود (۳۶).

پلی‌آمین‌ها در زمان پس از برداشت موجب کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها، کاهش انسداد آوندی، کاهش سنتز اتیلن، افزایش فشار اسمزی در گلبرگ‌ها، افزایش سنتز رنگ‌های گلبرگ و در نهایت وزن تر نسبی، شاخص پایداری غشای سلولی و آنتوسیانین گلبرگ می‌شوند (۱۰). زمانیکه گیاه وارد مرحله پیری می‌شود دچار تغییرات فیزیولوژیکی از جمله از دست دادن آب از بافت‌های پیر، نشت یونی، انتقال متابولیت‌ها به بافت‌های مختلف و تغییرات بیوشیمیایی مانند تولید گونه‌های فعال اکسیژن، تخریب و پراکسیداسیون، هیدرولیز پروتئین ها، اسیدهای نوکلئیک، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها در غشاء سلوهای گیاهی می‌شود. تأثیر مثبت پلی‌آمین‌ها را در پیری گیاه با توانایی اتصال آن‌ها با فسفولیپیدهای غشایی و سایر اجزای آنیون غشاها می‌توان توضیح داد که منجر به افزایش پایداری ساختار سلول‌های گیاهی می‌شود (۴۲). نشت یونی زمانی در گیاه اتفاق می‌افتد که گیاه وارد مرحله‌ی پیری می‌شود و گلبرگ‌ها طراوت خود

را از دست می‌دهند، پلی‌آمین‌ها با از بین بردن رادیکال‌های آزاد باعث تخریب کمتر غشاء و در نهایت افزایش عمر گلجای گیاه می‌شوند (۴۰). پژوهش‌های صورت گرفته نشان داده است که تلقیح ریشه گیاه با قارچ میکوریز موجب افزایش عمر گل‌های شاخه‌بریده می‌شود. اما ساز و کار موجود هنوز ناشناخته است، برخی از دلایل وجود بهتر و طولانی‌تر کردن ماندگاری گل‌های شاخه‌بریده شده در گیاهان تلقیح شده با میکوریز می‌تواند به دلیل رشد بهتر آوندها توسط قارچ‌های میکوریزی و یا کاهش تولید اتیلن باشد (۸).

همانطور که در پژوهش حاضر مشاهده می‌شود، پوترسین به همراه قارچ میکوریز موجب افزایش تعداد برگ، سطح برگ و وزن تر و خشک برگ شده است. در این پژوهش، میکوریز باعث کاهش طول برگ شده است در حالی که مطالعات انجام شده حاکی از آن است که میکوریز به دلیل تاثیر بر هورمون اکسین، باعث افزایش طول و کشیدگی سلول و در نهایت افزایش طول برگ می‌شود. با توجه به اینکه میکوریز بر هورمون سیتوکینین نیز تاثیر می‌گذارد که با اکسین اثر عکس هم را نشان می‌دهند، احتمالا در این پژوهش، دلیل افزایش سطح برگ و افزایش عرضی برگ، به دلیل تاثیر میکوریز بر میزان سنتز هورمون سیتوکینین می‌باشد. مطابق پژوهش حاضر، در پژوهشی، استفاده از پلی‌آمین‌ها با غلظت ۰/۰۵ و ۰/۱ میلی‌مولار و با تلقیح قارچ میکوریز، باعث افزایش طول و عرض برگ نسبت به گیاهانی که تنها با میکوریز تلقیح شده بودند، شد و بیشترین تاثیر، در پوترسین ۰/۱ میلی‌مولار با میکوریز مشاهده گردید (۳۴). در پژوهشی دیگر نیز تلقیح قارچ میکوریز موجب افزایش سطح برگ، افزایش وزن تر و خشک برگ شد (۲۶). همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش تعداد برگ و سطح برگ، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه افزایش پیدا کرده است. به عبارت دیگر، پوترسین به همراه قارچ میکوریز موجب افزایش رشد برگ‌ها شده و توانایی گیاه را در فتوسنتز افزایش داده و موجب تولید بیشتر کربوهیدرات در گیاه شده است. مطابق با این پژوهش، در محلول‌پاشی پوترسین روی تاج خروس[1]، مریم‌گلی[2] و صنوبر[3]، پوترسین با افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و در نهایت افزایش فتوسنتز گیاه، باعث افزایش کربوهیدرات در این گیاهان شد (۵، ۱۴ و ۲۱). در پژوهش‌های دیگر که روی قارچ میکوریز صورت گرفت مطابق با نتایج این پژوهش، قارچ میکوریز با افزایش فعالیت ریشه و همچنین جذب عناصر غذایی و در نتیجه افزایش رشد اندام‌های هوایی گیاه، موجب افزایش محتوای کلروفیل و کارتنوئید برگ شد و آن‌ها را نسبت به شاهد افزایش داد (۲۹ و ۴۱).

عمر گل‌های شاخه‌بریده یک نکته بسیار مهم در انتخاب آن‌ها است. همانطور که در پژوهش حاضر مشاهده می‌شود پوترسین و میکوریز عمر گلجای ژربرا را افزایش داده و باعث ماندگاری بیشتر گل شاخه‌بریده ژربرا شدند. در پژوهش‌های دیگر نیز مطابق با این پژوهش، محلول‌پاشی پوترسین در گل‌های شاخه‌بریده آلسترومریا[4] موجب افزایش ماندگاری گل‌ها و افزایش عمر گلجای آن‌ها شد (۳۸). در پژوهشی دیگر نیز، غلظت‌های مختلف پوترسین باعث شد که تمام شاخص‌های پس از برداشت گل داوودی نسبت به شاهد معنی‌دار شده و عمر گل افزایش پیدا کند (۲۰).

در این پژوهش، پوترسین و میکوریز موجب افزایش میزان آنتوسیانین گلبرگ‌ها در شرایط پس از برداشت شدند که تا روز ششم بیشترین میزان آنتوسیانین در گلبرگ‌ها مشاهده شد. احتمالا دلیل افزایش آنتوسیانین در روز ششم، وجود کربوهیدرات‌های ذخیره شده در گل باشد که موجب سنتز رنگیزه آنتوسیانین شده‌اند. حفظ کربوهیدرات محلول در گل شاخه‌بریده، سنتز ترکیبات ثانویه در گیاه را موجب شده و باعث افزایش کیفیت و به تاخیر انداختن پیری در گل می‌شود (۱۲).

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر تاثیر پوترسین و قارچ میکوریز بر برخی شاخص‌های رشدی و عمر گلجای گل شاخه بریده ژربرا رقم Dune بررسی شد. با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که پوترسین به همراه میکوریز باعث بهبود شاخص‌های رشدی و همچنین افزایش عمر گلجای و کیفیت گل شاخه بریده ژربرا می‌شود. با توجه به نتایج به دست آمده، مشاهده می‌شود که در میان غلظت‌های مختلف پوترسین، غلظت ۲ میلی‌مولار پوترسین بیشترین تاثیر را بر رشد اندام‌های رویشی و ماندگاری گل ژربرا داشت.

1- *Amaranthus*
2- *Salvia officinalis*
3- *Populus*
4- *Alstroemeria*

منابع

1- Abbasi N.A., Ali I., Hafiz I.A., and Khan A.S. 2017. Application of polyamines in horticulture: A review. International Journal of Biosciences 10(5): 319-342.
2- Abdel-Salam E., Alatar A., and El-Sheikh M.A. 2018. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi alleviates harmful effect of drought stress on damask rose. Saudi Journal of Biological Sciences 25: 1772-1780.
3- Asghari M.R. 2015. Classic plant growth hormones and regulators. University of Urmia, 352 p. (In Persian).
4- Asnaashari M., and Zakai Khosroshahi M. 2008. Polyamines and Horticultural Sciences. Publications of Bu Ali Sina University, 163 p. (In Persian).
5- Badawy E.M., Kandil M.M., Mahgoub M., Shanan N., and Hegazi N. 2015. Chemical constituents of *Celosia argentea* var. *cristata* L. plants as affected by foliar application of putrescine and alph-tocopherol. International Journal of Chemical Technology Reaserch 8(12): 464-470.
6- Barman J., Samanta A., Saha S., and Datta S. 2016. Mycorrhiza. General Article 21: 1093-1104.
7- Berberich T., Kusano T., Takahashi Y., and Tateda C. 2008. Polyamines: essential factors for growth and survival. Planta 228: 367-381.
8- Bhat R.A., Dervash M.A., Mehmood M.A., Skinder B.M., Rashid A., Ahmad J.I., Singh B.D.V., and Lone L. 2017. Mycorrhizae: A sustainable industry for plant and soil environment. Springer International Publishing AG, Chapter 25.
9- Chinnusamy V., Gong Z., and Zhu J.K. 2008. Abscisic acid-mediated epigenetic processes in plant development and stress responses. Journal of Integrative Plant Biology 50: 1187–1195.
10- Danaee E., and Abdossi V. 2018. Effect of different concentrations and application methods of polyamines (Putrescine, Spermine, Spermidine) on some morphological, physiological, and enzymatic characteristics and vase life of *rosa hybrida* cv. 'Dolce Vita' cut flower. Journal of Ornamental Plants 8(3): 171-182.
11- Dastyaran M., and Hosseini Farahi M. 2014. Effect of humic acid and putrescine on vegetative and flowering characteristics of roses in soilless system. Science and Technology of Greenhouse Cultures 20: 243-252. (In Persian with English Abstract)
12- Figueroa I., Colinas M.T., Mejia J., and Remirez Cien F. 2005. Post-harvest physiological changes in roses of different vase life. Cienciae Investigación Agraria 32: 167-176.
13- Ghaderi Kh., and Nazarideljo M.J. 2017. Morphophysiological changes and quality of *Gerbera jamesonii* cut flowers under the influence of inoculation of mycorrhizal bed with mycorrhizal fungi in soilless system. Science and Technology of Greenhouse Cultures 8(4):27-39. (In Persian with English Abstract)
14- Habba E.E., Abdel Aziz N.G., Sarhan A.M.Z., Arafa A.M.S., Youssefi N.M. 2016. Effect of putrescine and growing media on vegetative growth and chemical constituents of *Populus euramericana* plants. Journal of Innovations in Pharmaceuticals and Biological Sciences 3(1): 61-73.
15- Haghighi M., Nikbakhat A., and Pessarakli M. 2015. Effects of humic acid on remediation of the nutritional deficiency of Gerbera in hydroponic culture. Journal of Plant Nutrition 39: 702-713.
16- Hosseini Farahi M., and Aboutalebi Jahroomi A. 2018. Effect of pre-harvest foliar application of polyamines and calcium sulfate on vegetative characteristics and mineral nutrient uptake in *Rosa hybrida*. Journal of Ornamental Plants 8(4): 241-253.
17- Irigoyen J.J., Emerich D.W., and Sanchez- Diaz M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Plant Physiology 84: 55-60.
18- Kafi M., Daneshvar N., Nikbakht A., Hakimi M., Rajali F., and Daneshkhah M. 2013. Effect of humic acid and mycorrhizal fungus on some characteristics of Lolium Combination of White Speed Green. Science and Technology of Greenhouse Cultures 4(13): 49-58. (In Persian with English Abstract)
19- Kahrobaiyan M., Nemati S.H., Rahemi M., Kholdebarin B., and Tehranifar A. 2019. Morphological responses of ornamental sunflower to putrescine treatment under drought conditions. Applied Ecology and Environmental Research 17(3): 6117-6127.
20- Kamiab F., and Zamanibahramabadi E. 2016. The effect of different polyamines on some physiological traits as ACC oxidase and superoxide dismutase enzymes activity in *Chrysanthemum morifolium* cv. 'Bright Golden Ann'. Journal of Ornamental Plants 6(2): 83-92.
21- Kandil M.M., Soad M.M., Ibrahaim S.H., El-Hanafy S.H., and El-Sabwah M.M. 2015. Effect of putrescine and uniconazole on some flowering characteristics and some chemical constituents of *Saliva splendens* F. plant. Journal of Chemical Technology and Biotechnolog 8(9): 178-186.
22- Khalaj M.A., Kiani Sh., Khoshgoftarmanesh A.H., and Amoaghaie R. 2017. Growth, quality, and physiological characteristics of gerbera (*Gerbera jamesonii* L.) cut flowers in response to different $NO3^{-}$:$NH4^{+}$ ratios. Horticulture, Environment and Biotechnology 58(4): 313-323.
23- Khoshkhui M., Sheibani B., Rouhani E., and Tafzoli A.A. 2010. Principles of Gardening. Shiraz University Press,

19th Edition, 596 p. (In Persian).
24- Krizek D.T., Kramer G.F., Upadhyaya A., and Mirecki R.M. 1993. UV B response of cucumber seedlings grown under metal halide and high pressure sodium/deluxe lamps. Physiologia Plantarum 88: 350-358.
25- Kusano T., and Suzuki H. 2015. Polyamines. Springer, 336p.
26- Liang F., An J., Gao J.Q., Zhang X.Y., and Yu F.H. 2018. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and soil nutrient addition on the growth of *Phragmites australis* under different drying-rewetting cycles. PLoS ONE 13(1):1-10.
27- Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148: 350-382.
28- Mahgoub M., Abdel Aziz N.G., and Mazhar A. 2011. Response of *Dahlia pinnata* L. plant to foliar spray with putrescine and thiamine on growth, flowering and photosynthetic pigments. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science 10(5): 769-775.
29- Manoharan P.T., Pandi M., Shanmugaiah V., Gomathinayagam S., and Balasubramanian N. 2008. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal fungus on the physiological and biochemical changes of five different tree seedlings grown under nursery conditions. African Journal of Biotechnology 7: 3431-3436.
30- Meir D., Pivonia S., Levita R., Dori I., Ganot L., Meir S., Salim S., Resnick N., Wininger S., Shlomo E., and Koltai H. 2010. Application of mycorrhiza to ornamental horticultural crops: lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) as a test case. Spanish Journal of Agricultural Research 8(1): 1-10.
31- Mishra V., Ellouze W., and Howard R.J. 2018. Utility of arbuscular mycorrhizal fungi for improved production and disease mitigation in organic and hydroponic greenhouse crops. Journal of Horticulture 5 (3):1-10.
32- Najm A.A., Haj Seyed Hadi M.R., Fazeli F., Darzi M.T., and Rahi A. 2012. Effect of integrated management of nitrogen fertilizer and Cattle manure on the leaf chlorophyll, yield and tuber glycoalkaloids of Agria potato. Communications in Soil Science and Plant Analysis 43: 912-923.
33- Ramtin A., Jahangiri M., Bagheri M.H., and Ferdowsizadeh M. 2018. Production and cultivation of ornamental plants. Educational Research and Planning Organization, Pp. 75-76.
34- Rezvanypour S., Hatamzadeh A., Elahinia S.A., and Asghari H.R. 2015. Exogenous polyamines improve mycorrhizal development and growth and flowering of *Freesia hybrida*. Journal of Horticultural Research 23(2): 17-25.
35- Rymbai H., Jha A.K., Talang H.D., Assumi S.R., Deshmukh N.A., and Roy A.R. 2017. Evaluation of new gerbera (*Gerbera jamesonii Bolus*) genotypes under fan and pad polyhouse. Journal of Ornamental Horticulture 20(3&4): 126-131.
36- Savvas D., and Ntatsi G. 2015. Biostimulant activity of silicon in horticulture. Scientia Horticulturae 196: 66-81.
37- Setia N., and Setia R.C. 2018. Polyamines: An overview and prospects in crop improvement. Punjab Agricultural University 21: 376-393.
38- Soleimany-Fard E., Hemmati Kh., and Khalighi A. 2014. Impact of pre- and post-harvest putrescine applications on water relations and vase life of cut alstroemeria flowers. Advances in Environmental Biology 8(12): 158-165.
39- Taranet P., Harper S., Kirchhof G., Fujinuma R., and Menzies N. 2017. Growth and yield response of glasshouse and field-grown sweetpotato to nitrogen supply. Nutrient Cycling in Agroecosystems 108: 21-309.
40- Tatte S., Singh A., and Ahlawat T.R. 2015. Effect of polyamines on postharvest quality and vaselife of rose var. *samurai*. The Bioscan 10(2): 675-678.
41- Tognon G.B., Sanmartín C., Alcolea V., Cuquel F.L., and Goicoechea N. 2015. Mycorrhizal inoculation and/or selenium application affect post-harvest performance of snapdragon flowers. Plant Growth Regulation 78: 389–400.
42- Vieira M.R.S., Moura F.D., Simões N.A., Souza A.V.,. Santos C.M.G., Paes R.A., and Leal H.Y. 2017. Application of polyamine and boron improves quality of potted gerbera cv. ‘‘Kosak’’. Journal of Applied Horticulture 19(1): 1-5.
43- Vukajovic D., Veghel H., and Durovic S. 2017. Economic justification for floriculture development in Serbia. Economics of Agriculture 64(2):687-699.
44- Wu Q.S., Srivastava A.K., Cao M.Q., and Wang J. 2015. Mycorrhizal function on soil aggregate stability in root zone and root-free hyphae zone of trifoliate orange. Archives of Agronomy and Soil Science 61(6): 813–825.
45- Zeraat Kish Y., and Mirzaee N. 2016. A study of the factors affecting the insurance acceptance by ornamental plants producers: A case study of kohgiluyeh and boyer ahmad province. Journal of Ornamental Plants 6(2): 67-72.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.1, Spring 2021, P. 117-133
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۱۳۳-۱۱۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of Putrescine and Mycorrhiza on Growth, Photosynthesis and Vase Life of Gerbera (*Gerbera jamesonii*) 'Dune' Flowers in Hydroponic Conditions

S. Rakbar[1]- Z. Jabbarzadeh[2]*- M. Barin[3]
Received: 26-08-2020
Accepted: 26-12-2020

Introduction: Gerbera is one of the most important cut flowers in the world and belongs to the Asteraceae family. Due to its diverse and adaptable species for growth with a wide range of climatic conditions, this flower has become a profitable cut flower for growers. Polyamines in plant tissues act as a potent factor in preventing the production of ethylene. Polyamines and ethylene have antagonistic effects (anti-aging and aging effects), so that the balance of these two hormonal groups in plants is very important for plant tissues. The balance between the two opposing regulators leads to a delay or acceleration in the aging process. Mycorrhizal fungi can be useful in hydroponic greenhouse systems, which increase the amount of CO_2 in greenhouses by increasing photosynthesis in plants, as well as CO_2 emissions in the control environment, which both optimally manage the environment and increase the yield and quality of plant products. Due to the economic importance of cut flowers, it seems necessary to provide treatments (such as the use of putrescine and mycorrhiza) to increase the quality and longevity of this plant.

Materials and Methods: This study was conducted in the research and production greenhouses of Urmia University and the research laboratory of the Department of Horticultural Sciences of the Faculty of Agriculture in 2019-2020. This study was performed as a factorial experiment in a completely randomized design with three replications, each replication consistedd of three pots and each pot contained a plant. The factors of this experiment were Mycorrhizal fungi inoculation (with and without inoculation) during the transplanting process to the culture medium near the roots, and putrescine at four concentrations of 0 (control), 1, 2, and 4 mM, were applied two weeks after transplantation, every 15 day-interval for three months. In order to investigate the effects of putrescine and mycorrhizal fungi on some morphological and physiological characteristics of plants, two weeks after the end of treatments, leaf sampling was performed to measure physiological characteristics. Effects of putrescine and mycorrhizal fungi were assayed in some morphological characteristics including leaf number, leaf length and leaf area, fresh and dry weight of leaves and some physiological parameters including chlorophyll index, chlorophyll content (a, b and total) and soluble sugar as well as vase life and petal's anthocyanin during postharvest time. The SAS software version 9.1 was used to analyze the variance and compare the mean of the studied traits. Comparison of means was performed using the Tukey's range test method at a probability level of 1 and 5%. Excel (2016) software was also used to draw the graph.

Results and Discussion: According to the comparison of means, putrescine, along with mycorrhizal fungi, increased the number of leaves, leaf area, and the fresh and dry weight of the leaves as well as chlorophyll index, chlorophyll a, b and total and carotenoid content of leaves. In this study, inoculation with mycorrhiza reduced leaf length but increased leaf area resulted in that mycorrhiza could increase leaf blade because of increasing cytokinin in plant. Putrescine with mycorrhizal fungi, increased leaf growth, photosynthesis of plant and carbohydrates production. In the literatures, it is reported that, the vase life of cut flowers is a very important point in choosing them as great cut flowers. The results showed, putrescine and mycorrhiza had increased the vase life of gerbera flowers, therefore increased the quality of this plant. Putrescine and mycorrhiza also increased the amounts of anthocyanins in the petals, and by the sixth day, the highest levels of anthocyanins were observed in the petals. Probably, the reason for increasing the anthocyanins on the sixth day is the presence of carbohydrates stored in the flower, which due to the reduced respiration and carbohydrate consumption in this process.

Conclusion: Based on the results of the present study, it can be concluded that putrescine, with mycorrhizae, improved growth characteristics as well as increasing the postharvest life and the quality of cut flowers of

1 and 2- M.Sc Gratuated Student and Assistant Professor of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, respectively.
(*- Corresponding Author Email: z.jabbarzadeh@urmia.ac.ir)
3- Assistant Professor of Soil Since, Faculty of Agriculture, Urmia University
DOI: 10.22067/jhs.2021.61915.0

gerbera. It is also observed that among the different concentrations of putrescine, the concentration of 2 mM had the greatest effect on the growth and physiological parameters as well as vase life of gerbera.

Keywords: Anthocyanin, Chlorophyll, Fresh and dry weight of leaf, Gerbera, Vase life